

## 통신기자재용 금도금 특성 분석 연구

한 전 건, 강 태 만

상관대학교 금속공학과

### An investigation of characteristics of Au plating for telecommunication components

Jeon G. Han and Tae M. Kang

Dept. of Metallurgical Engineering

Sung Kyun Kwan University

#### Abstract

Evaluation of electroplated gold has been carried out to obtain the data base for electrical, mechanical and environmental properties for telecommunication component applications. Gold plating was performed to a various thickness of  $0.1\mu\text{m}$  to  $1.25\mu\text{m}$  after Ni plating of  $3\mu\text{m}$  on C52100 bronze. Electrical properties were evaluated by measuring contact resistance using 4-wire method under static contact and dynamic contact during wear. Reciprocating wear test was performed to study the wear behavior as well as failure of gold contacts. Environmental characteristics were evaluated by using salt spray testing and  $\text{SO}_2$  test. Hardness of soft gold film was measured to be 53KHN under 5g load. Friction coefficient was initially obtained to be 0.15 and 0.25 under 100g and 200g loads respectively, and then raised up to 0.8 with increasing reciprocating wear cycles. Static contact resistance was 2 to  $3\text{m}\Omega$  regardless of gold film thickness while drastic changes of contact resistance were occurred upon stripping of the gold film during wear. The lifetime of contact wear showing stable contact resistance increased up to 6 times for  $1\mu\text{m}$  thickness compared to that of  $0.1\mu\text{m}$  thickness under 100g load. All gold plating appeared to be stable under salt atmosphere while only the gold plating over  $1\mu\text{m}$  was stable under  $\text{SO}_2$  atmosphere.

#### 1. 서 론

금은 전기전도도, 내식성 및 고온 내산화성이 우수하여 통신 및 관련산업용 접점재료의 도금용 소재로 널리 이용되고 있다. 그러나 국내 및 국제적으로 금 가격이 높은 관계로 인하여 제품가격 저하를 위해 접점재료 응용범위에 적합한 최적의 금도금 두께 감소를 위한 규격화 연구 개발이 중요시 되고 있다. 현재까지 통신기자재용 금도금에

관한 국외 연구 현황을 보면 크게 부품 응용범위에 적합한 최적의 금도금 두께 감소를 위한 특성 분석 연구 개발<sup>1-6)</sup>과 금소모량 감소를 위한 선택 도금 방법과 같은 새로운 도금방법 개발<sup>7-9)</sup> 그리고 금보다 가격이 저렴하고 안정한 접점재료의 성질을 지닌 Pd, Pd합금(Pd/Au, Pd/Ag) 및 Au합금(Au/Ag) 등과 같은 대체 도금재료의 개발<sup>10-14)</sup> 등 세가지로 나눌 수 있다. 이상과 같은 종합적인 연구 개발을 통해 해외 선진국의 금도금 기술이

고도로 발전되어 현재 미국과 일본의 경우 통신부품용 금도금 두께는 0.2~1.26 $\mu\text{m}$  범위로 감소되고 있으며, 부품의 원가절감을 위해 도금두께 감소를 위한 종합적인 연구가 활성화되어 소지금속, 하지도금 및 최종 귀금속 도금의 최적조건 설정 등에 관한 연구등을 통해 하지도금속의 개선 및 첨가제 개선 등에 의한 도금두께 감소, 도금피막 균질성 및 특성개선을 이루어 왔다. 이상의 금도금 기술과 더불어 용도에 따른 도금피막의 전기적, 기계적, 환경적 특성평가에 대한 기술 및 분석연구가 중요한 연구개발의 일환으로 폭넓게 수행되어 도금기술 개발 및 제품성능 개선에 커다란 기여를 하고 있다. 그러나 국내의 경우 전자 및 통신산업의 발전과 더불어 접점재료의 수요가 급격히 증가하고 있으나 금도금에 관한 연구는 주로 제조업체들의 도금공정 개발에 치중되어 왔으며, 실제 금도금 응용에 중요한 전기적, 기계적 및 환경적 특성평가에 관한 연구는 매우 미흡하여 금도금 부품의 응용을 위한 성질분석 및 문제점에 관한 국내 자료 및 규격이 매우 부족한 실정이다. 그 결과 현재 접점재료의 금도금 두께가 해외 수입품의 0.76 $\mu\text{m}$ 의 수배에 달하는 3 $\mu\text{m}$ ~5 $\mu\text{m}$ 를 규격에서 요구하고 있어 금도금 비용의 과다, 형상변형 등의 기술적인 어려움으로 인하여 국산화의 어려움과 더불어 국제경쟁력 향상에 큰 장애요인이 되고 있다. 따라서 통신부품용 도금의 특성 분석에 관한 자료확립 및 규격화 문제는 국내 통신부품의 향후 개발 추진에 있어서도 계속되는 문제점으로 대두될 것으로 예상되므로 이에 대한 종합적인 특성평가에 의한 기술자료 확립이 현 시점에서 시급하게 요구된다. 따라서 본 연구에서는 통신부품용 금도금의 두께에 따른 전기적, 기계적, 환경적 특성에 관해 종합적으로 분석 평가함으로써 국내 통신부품용 금도금의 규격화를 위한 금도금 특성 data base를 확립하고자 한다.

## 2. 실험방법

### 2. 1. 시편제작

본 연구에서는 소지금속으로 현재 통신부품용 소재로 가장 널리 사용되고 있는 0.2mm 두께의 C52100 인칭동판을 사용하였으며 시편의 화학조성은 표 1과 같다.

Table 1. Chemical Composition of C52100 bronze (wt%)

Sn	P	Pb	Fe	Zn	Cu
7.0 ~9.0	0.03 ~0.35	0.05 max	0.1 max	0.2 max	Balance

도금용 시편은 1차적으로 전처리를 통해 표면을 연마 세척한 후 Ni를 3 $\mu\text{m}$  두께로 하지도금하였다. 또한 귀금속은 이온화 경향이 작아 도금층의 밀착불량이 일어나기 쉬우므로 이를 방지하기 위하여 먼저 금스트라이크 도금을 한 후 0.1 $\mu\text{m}$ , 0.5 $\mu\text{m}$ , 0.75 $\mu\text{m}$ , 1.0 $\mu\text{m}$ , 1.25 $\mu\text{m}$  각각의 도금두께로 연질금도금을 실시하였다. Ni하지도금은 인칭동으로부터 Cu원자가 금도금 표면으로 확산하는 것을 억제하기 위한 장벽역할 및 구리와 금도금층 계면에서 결합력을 향상시키기 위해 실시하였으며, 금도금은 불순물 및 합금원소를 최소화하여 통신부품에서의 전기적 특성을 향상시키기 위해 고순도 연질금도금을 수행하였다.

### 2. 2. 두께측정 및 조직검사

Ni 하지도금 후 설정된 여러가지 두께로 금도금을 행하여 XRF (X-ray fluorescence 분석장치)를 이용하여 도금두께를 측정하였으며 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 표면조직을 관찰하였다. 또한 EDS 분석장치를 이용하여 두께에 따른 표면조성변화를 조사하였다.

### 2. 3. 기계적특성 시험

Micro-Knoop 경도시험기를 사용하여 ASTM B578방법에 따라 2g과 5g의 하중하에서 도금두께에 따른 경도변화를 측정하여 통계 분석하였으며, ASTM B571-84의 접착력 시험법 중 Heat-Quench Test에 따라 250 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 도금두께별로 각각 5,10,24시간 동안 가열한 후 수냉시켜 도금층의 벗겨짐(peeling), 갈라짐(flaking), 기포(blister) 등을 광학현미경을 이용하여 관찰, 도금층의 접착력을 조사하였다. 또한 본 연구에서는 금도금두께에 따른 내마모거동 및 마모에 따른 접촉저항 변화를 분석 평가하기 위해 그림 1과 같은 왕복 미끄럼형 내마모시험기를 제작하였다. 이 마모시험장치를 이용하여 분당 33회의 cycle

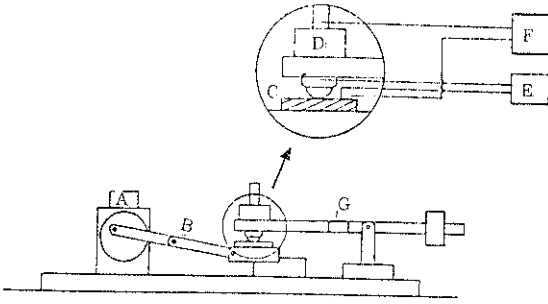


Fig. 1. Schematic diagram of reciprocating wear tester.

- A) Variable speed motor
- B) Alternating suspension bar
- C) Specimen
- D) Load
- E) DC millivolt meter and X-Y chart recorder
- F) Direct current power supply
- G) Strain sensor

로 200g 및 300g의 하중하에서 반복접촉형 무윤활 마모시험을 실시하여 도금두께에 따른 내마모 특성을 분석하였다.

#### 2. 4. 전기적특성 분석

동일한 두께로 금도금한 인청동 시편과 황동구를 4-wire 저항측정법으로 5mA 및 10mA의 일정전류를 인가하며 50g, 100g, 150g, 200g의 하중에서 상온접촉저항을 측정하였으며, 마모시험기(그림 3)에 4-wire 저항측정 시스템을 부착하여 10mA의 일정전류를 흘려주어 마모시험시 마모횟수에 따른 접촉저항 변화를 측정하였다. 또한 SEM과 광학현미경을 이용하여 마모에 의한 표면 손상형상을 관찰하였고 EDS를 이용하여 마모에 의한 표면상태의 변화에 따른 성분분석을 실시하였다.

#### 2. 5. 환경적특성 분석

ASTM B735-84 시험법에 준하여 SO<sub>2</sub>+H<sub>2</sub>O의 발생용액을 제조하여 13liter 데시케이터의 밀폐된 용기내에 넣고 86%의 상대습도를 유지시키며 SO<sub>2</sub>가스 분위기를 만들어 6시간과 24시간 동안 도금시편을 SO<sub>2</sub>분위기하에 노출시킨 후 도금두께에 따른 기공도 및 반응표면을 금속현미경을

사용하여 측정 분석하였다. 또한 이때에 형성된 기공의 성분을 EDS를 이용하여 측정하였다. 또한 ASTM B117-85 시험법에 준하여 bench top형 천정개폐식 염수분무시험기를 이용하여 염수분위기를 만들어 준 후 도금시편을 15°-30°의 각도로 서로 접촉하지 않게 세우고 24시간에서 7일간 염수분위기 속에 방치시켜 부식성 환경하에서의 안정성 실험을 행하였으며, 24시간 간격으로 두께당 한개씩의 시편을 꺼내어 물에 세척한 후 건조시켜 반응표면을 광학현미경을 이용하여 관찰하였다.

### 3. 결과 및 고찰

#### 3. 1. 금도금 두께 및 조직검사

표 2는 C52100 인청동 소지판재 상에 3 $\mu$ m로 Ni하지도금 후 0.1 $\mu$ m, 0.5 $\mu$ m, 0.76 $\mu$ m, 1.0 $\mu$ m, 1.25 $\mu$ m로 금도금한 도금층의 두께를 XRF방법으로 측정한 결과를 나타낸 것이다. 기존 설정도금 두께에 비해 Ni 및 Au 도금층 모두 근사한 수치를 보이고 있으나 두께가 두꺼워질 수록 두께오차가 약 0.1 $\mu$ m정도까지 증가함을 알 수 있다. 또한 하지 Ni의 두께는 고속도금으로 인해 두께오차가 Au도금보다 훨씬 크게 나타나고 있다. 이러한 두께 오차는 실제 부품의 도금시 부품형상, 도금위치, 도금방법 등에 따라 상당한 변화가 일어나므로 최소두께 도금조절에 대한 공정제어가 매우 중요시 된다. 그림 2는 Au도금 두께가 0.76 $\mu$ m인 시편에 대한 도금 표면조직 및 EDS분석 결과를 보여주는 것으로, 연질금도금에서 형성되는 대표적인 표면조직인 "rounded mounds" 형태<sup>15)</sup> 도

Table 2. Data of thickness measurement results of Au/Ni plated specimen.

given thickness (Au/Ni)	average thickness		standard deviation	
	Au	Ni	Au	Ni
0.1/3.0	0.092	3.30	0.01	0.16
0.5/3.0	0.565	3.19	0.03	0.37
0.76/3.0	0.722	3.48	0.06	0.07
1.0/3.0	1.037	3.42	0.09	0.35
1.25/3.0	1.331	3.60	0.09	0.17

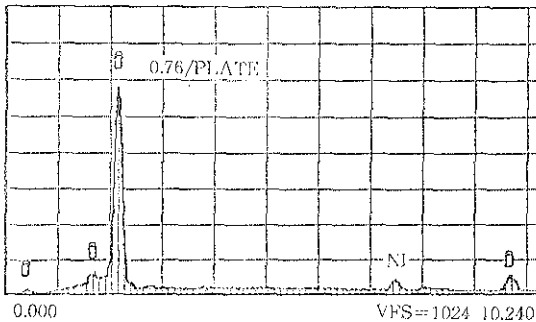
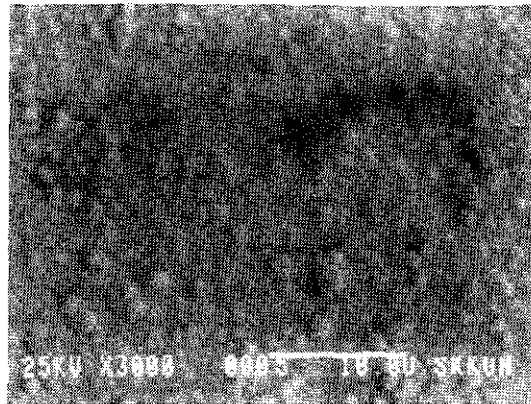


Fig. 2. Surface morphology and corresponding EDS spectra for 0.76 $\mu$ m Au film.

금입자들이 형성되어 있다. 이러한 도금입자들의 크기는 도금두께가 증가할 수록 조대해지며 동시에 표면의 치밀성이 향상되는 경향을 보여주었다. 한편 EDS분석결과 0.76 $\mu$ m까지는 Ni peak이 검출되었으며 1.0 $\mu$ m 및 1.25 $\mu$ m에서는 Au peak만이 나타난다. 이는 25KeV의 에너지로 EDS분석시 전자가 Au표면으로 부터 침투하는 깊이가 이론적으로 약 0.7 $\mu$ m에 달하므로<sup>16)</sup> 0.76 $\mu$ m까지는 Au도금층을 통과하게 되어 Ni하지도금층으로 부터 방출되는 X-ray peak이 검출된 것으로 판단된다.

3. 2. 기계적 특성

그림 3은 Au도금층의 Micro-Knoop 경도를 측정된 결과로 2g하중에서 Au도금층의 경도는 약 26KHN(kg/mm<sup>2</sup>)으로 두께에 따른 변화는 거의 없으며, 5g하중에서는 0.1 $\mu$ m에서 72KH으로 부터 1.25 $\mu$ m에서 53.4KH으로 두께가 증가함에 따라 경도치는 감소하는 경향을 보여준다. 이는

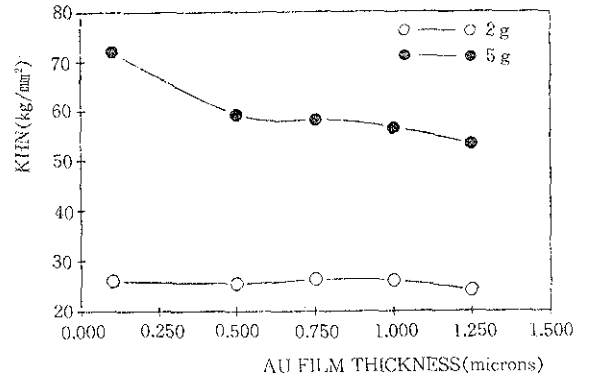


Fig. 3. Micro-Knoop hardness with various Au film thickness.

두께가 얇을 경우 경도측정시 압자가 도금층을 통과하게 되어 경도가 높은 Ni하지도금의 영향을 받게 된 것에 기인한 것이다. 따라서 Au도금층의 실제 경도치는 압자의 침투깊이 보다 3배이상 두껍게 도금한 후 측정하여야 한다<sup>17)</sup>. Heat-quench test 법에 의해 밀착력 실험을 수행해 본 결과 모든 두께의 Au도금층으로 부터 flaking, peeling, blistering등 밀착력 불량현상은 검출되지 않았다. 같은 두께로 Au를 도금한 5mm 직경의 황동구와 C52100 인칭동환 사이에 100gf 하중하에서 직선왕복 마모시험시 마모횟수에 따른 상호 마찰력 및 마찰계수의 변화를 그림 4에 각각 나타내었다. 여기서 연결 Au도금층 사이에서 일어나는 마모는 응착마모에 의해 주로 진행되므로 마찰계수는 Bowden 및 Tabor<sup>18)</sup>에 의해 제한된 다음 수식을 이용하여 계산하였다.

$$\mu = \frac{F}{F_N} = \frac{\tau_m}{P_y} \dots\dots\dots (1)$$

- F : 마찰력
- F<sub>N</sub> : 수직하중
- $\tau_m$  : 소재의 평균 전단응력
- P<sub>y</sub> : 항복강도

Au 도금두께가 증가할 수록 마찰력 증가는 서서히 일어나며, 0.1 $\mu$ m의 경우 마찰력은 초기 약 15gf에서 서서히 증대하여 약 80gf와 60gf로 거의 일정하게 유지되는 반면 1.25 $\mu$ m의 경우에는 약 17회 까지 마찰력은 60gf로 매우 서서히 증가하는 경향을 보여주고 있다. 또한 수식 (1)에 따른 Au도금층의 마찰계수 변화는 마찰 초기에는

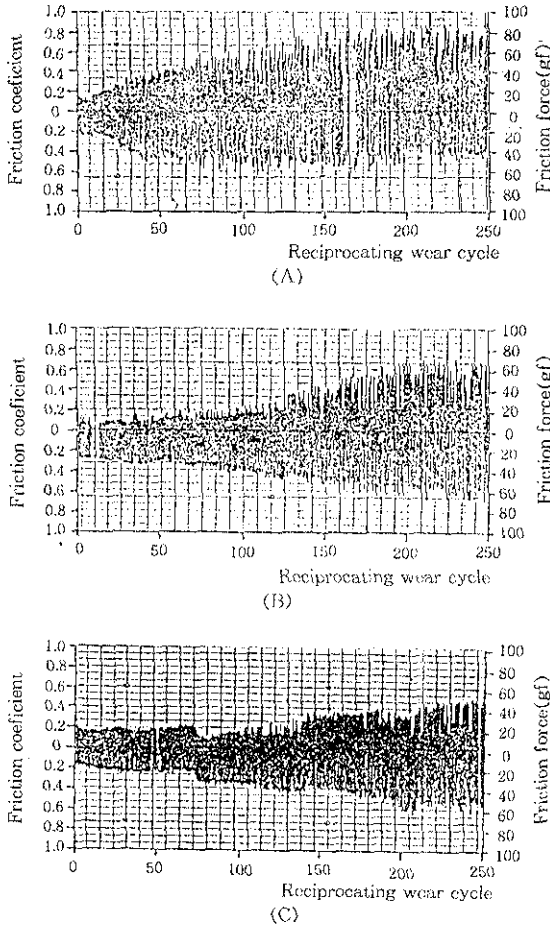


Fig. 4. Friction force and coefficient of friction changes during reciprocating wear test under 100g load for Au/Ni plated specimens of various Au thickness.

A) 0.1µm B) 0.76µm C) 1.25µm

약 0.15에서 최대 약 0.8 까지 변화함을 알 수 있다. 한편 200gf 하중에서는 100gf 하중보다 모든 Au도금두께에서 보다 빨리 마찰력 증가가 일어나며 초기의 마찰계수는 약 0.25이고 이후 마모는 약 0.9의 최대 마찰계수를 유지하면서 진행된다. 이러한 Au를 도금한 황동구와 인청동판 사이에서 일어나는 마모현상을 분석하기 위해 마모후 황동구의 접촉부위 및 인청동판의 마모 track을 관찰한 결과 사진 1에 보여지는 바와 같이 연성 Au도금층 사이의 접촉에 의해 Au 도금층의 소성 변형에 의한 밀림현상과 더불어 응착마모현상이 뚜렷하게 관찰된다. 즉 Au/Au도금피막 사이의

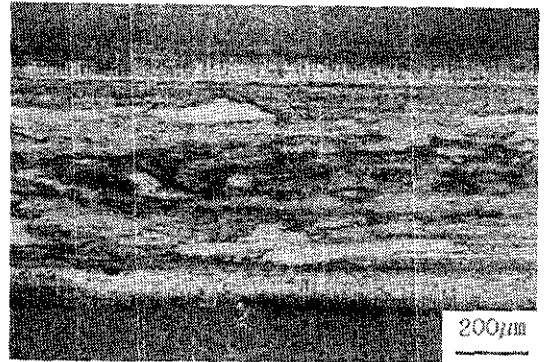


Photo. 1. Photographs of wear tracks on 1.0µm Au/Ni plated C52100 bronze sheet after reciprocating wear test under 200g load.

접촉시 상호 소성변형이 1차적으로 일어나는 동시에 응착현상이 일어나 상호마찰이 왕복으로 진행함에 따라 응착부위들이 밀리면서 부분적으로 표면에 sticking되어 늘어붙는 현상이 일어나게 된다. 이때 C52100 상의 Au도금층에 비해 황동구의 접촉부위는 계속하여 연속으로 접촉하게 되므로 마모손실이 더욱 빨리 진행되게 된다. 따라서 사진 2와 3에 보여지는 바와 같이 Au도금층이 1단계로 마모된 후 하지 Ni도금층이 마모된 현상을 나타내게 된다.

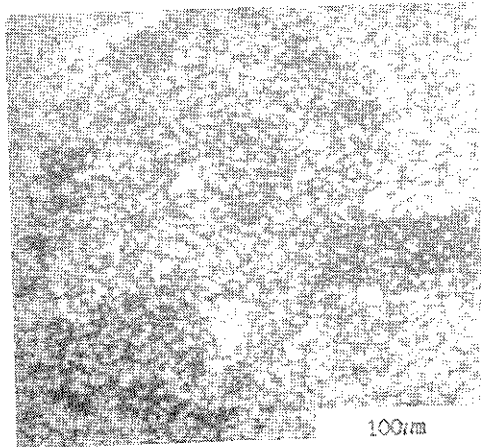
### 3. 3. 전기적 특성

그림 5은 접촉저항을 측정한 결과를 나타낸 것으로 5mA 인가시 접촉저항은 50g 하중에서 4~6Ω인 반면 100g 이상에서는 Au도금층 두께에 상관없이 약 2mΩ으로 매우 낮은 접촉저항을 나타내었다. 또한 10mA 인가시에는 50g 하중에서는 5~9mΩ의 높은 저항치를 나타내는 반면 100g 이상에서는 급격히 감소하여 약 2~3mΩ의 낮은 저항치를 보여주고 있으며 5mA 인가시에 비해 Au도금층두께 변화에 따라 다소 저항변화를 나타내었다. 이러한 하중증가에 따른 접촉저항 변화는 모든 접촉시 그림 6<sup>10)</sup>에 보여지는 바와 같이 실제 접촉부위는 미세 돌출부 사이의 접촉에 의해 이루어지므로 하중이 증가할 수록 접촉면이 증가하게 되어 저항감소가 일어나게 된다. 일반적으로 접촉저항은 다음 수식에 의해 구해진다.

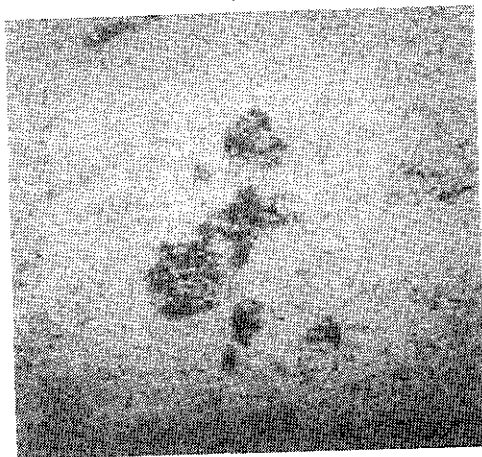
$$R = R_c + R_f \dots\dots\dots (2)$$



(A)



(B)



(C)

Photo. 2. SEM micrograph and X-ray element maps of wear area of Au plated brass ball (0.1µm thickness, 100g load).

- A) SEM micrograph
- B) Au distribution
- C) Ni distribution

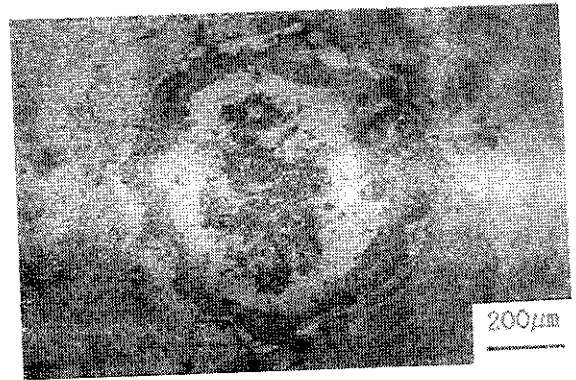
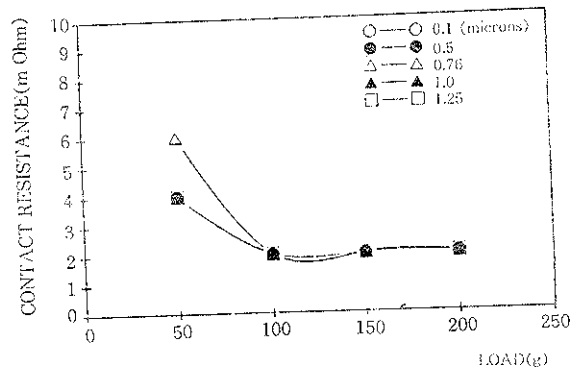
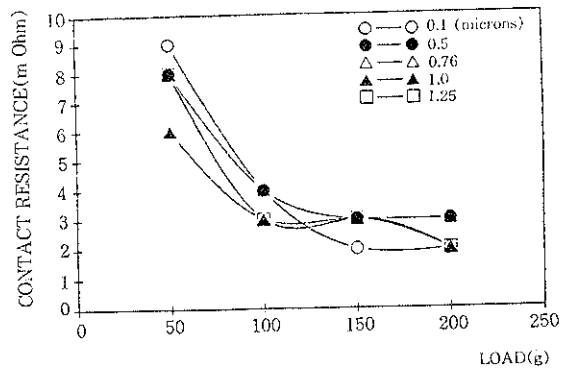


Photo. 3. SEM micrographs of wear area of Au plated brass ball for 0.76µm Au film.



(A)



(B)

Fig. 5. Contact resistance variation between Au/Ni plated brass ball and C52100 bronze at various loads.

- A) 5mA
- B) 10mA

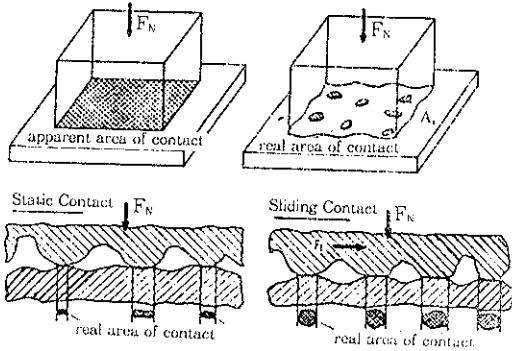


Fig. 6. Apparent and real area of contact.

- R : 접촉저항
- Rc: 집중저항
- Rf: 피막저항

두개의 동일한 소재의 접촉부위에서 n개의 asperity 접촉이 일어나는 경우 Rc는 다음 수식에 의해 주어진다.

$$R_c = \frac{P}{\sum_{k=1}^n r_i} \dots\dots\dots (3)$$

- P : 금속의 고유저항
- r<sub>i</sub> : 각 접촉의 반경

연질 Au 도금부품 등의 접촉시에는 소성변형이 일어나므로 접촉반경은 다음 수식에 의해 구한다.

$$r^2 = \frac{P}{\pi H} \dots\dots\dots (4)$$

- P : 접촉하중
- H : 금속의 경도

윗 수식 (4)에서와 같이 하중이 증가함에 따라 접촉반경은 증가하게 되므로 수식 (3)의 관계식으로 부터 집중저항 Rc가 적어지게 되어 접촉저항은 감소하게 된다. 그러나 일정하중 이상에서는 접촉면이 거의 균질하게 형성되어 접촉저항의 변화가 일어나지 않는 것으로 판단된다.

그림 7은 Au를 도금한 황동구와 인청동 판재 사이에 반복 왕복 마모시 4-wire 방법으로 측정한 대표적인 접촉저항 변화를 나타낸 것으로 마모가 진행함에 따라 접촉부위에서의 상호 접촉조건 변화로 noise 발생이 간헐적으로 발생하며, 접촉저항도 점진적으로 증가하는 경향을 보여준다. 특히 마모가 상당히 진행된 경우 연속적으로 접촉저

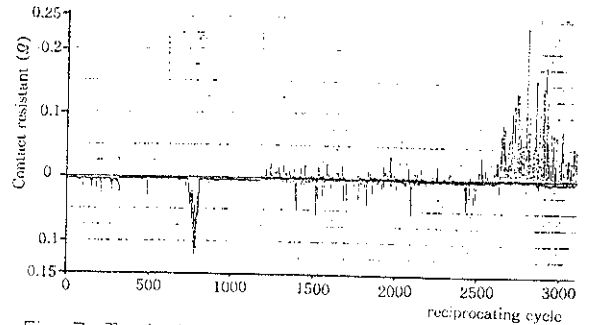


Fig. 7. Typical contact resistance change during wear (0.5μm Au thickness)

항이 급격히 증가하게 된다. 이러한 연속적인 접촉저항의 급격한 증가는 마모에 의한 Au도금피막 및 Ni 도금피막이 거의 벗겨진 부위에서의 접촉에 의한 것으로 관찰되었으며, 이때의 마모부위의 형상은 사진 2와 3에 보여진 바와 같다. 즉 초기 마모시 황동구와 인청 동판 상의 Au도금층이 벗겨지기 전에는 거의 일정한 접촉저항을 유지하게 되며, 일차적으로 사진 2와 3에 보여지는 바와 같이 접촉이 계속되는 황동구의 표면 Au층이 벗겨진 후 부분적으로 Ni하지도금층이 나타나면서 저항의 noise가 점진적으로 발생하게 된다. 황동구와 인청동판의 표면이 응착현상으로 거칠어지게 되고 Au도금층이 부분적으로 상호 손상받게 되어 Au/Ni, Ni/Ni, Ni/Cu 상호접촉 등이 일어나게 되면서 점진적으로 접촉저항이 증가하다가 상호표면이 심하게 손상되면 접촉이 매우 불균질해지게 되어 연속적인 접촉저항 증가가 급격히 일어나게 된다. 이를 확인하기 위해 연속적인 급격한 접촉저항 증가가 일어나는 시점에서 황동구와 인청동 판재의 접촉 마모부위를 EDS로 분석한 결과 그림 8에 보여지는 바와 같이 0.5μm 이상에서 황동구의 접촉부는 Ni과 Cu가 상당히 검출되고 있으며 인청동 판재의 경우 마모전에는 검출되지 않았던 Ni peak이 나타난다. 한편 C52100 판의 마모 track을 가로질러 Au와 Ni의 성분분포를 EDS로 분석한 결과 그림 9에 보여지는 바와 같이 Au도금두께에 상관없이 접촉저항이 급격히 증가한 시점의 마모 track에서는 Au와 Ni 두성분이 동시에 검출되고 있으며 또한 보다 심한 마모가 일어난 부위에서 Ni이 더 많이 검출되고 있음을 알 수 있다. 표 3는 연속적인 접촉저항 상승시점을 접촉저항 안정 life cycle로 하

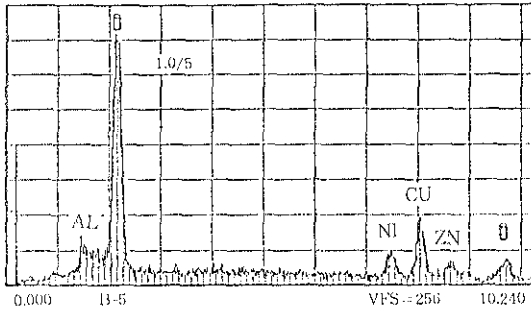
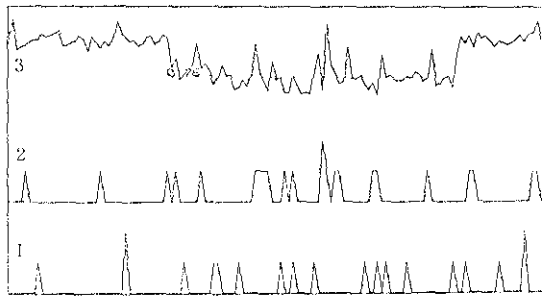


Fig. 8. EDS spectra of contact area after wear for brass ball plated with 1.0µm Au.



1. Au profile 2. Ni profile 3. surface roughness  
Fig. 9. Au and Ni distribution across wear track on C52100 bronze plate upon severe contact resistance increase for 1.0µm Au thickness.

Table 3. Life cycle of Au plated bass ball and C52100 bronze for stable contact resistance at various Au thickness (cycle).

Current : 10mA

thickness(µm)	load(g)	
	100	200
0.1	4400	4400
0.5	16300	10400
0.76	18000	13300
1.0	30000	20600
1.25	32700	25200

여 Au도금두께 변화에 따른 반복접촉 수명을 측정된 결과로 100g 하중에서 0.1µm의 경우 약 4400회 까지 안정하며, 두께가 증가할 수록 수명은 상당히 증가하여 1.0µm 이상에서는 약 27000회 까지 안정한 접촉저항을 나타낸다. 200g 하중

하에서도 유사한 경향을 나타내고 있으나 수명은 약 1/3 정도 감소하였다. 그러나 마모에 따른 접촉저항 및 안정한 접촉저항 수명평가는 부품형상에 따라 각각 접촉면적, 접촉거동 및 하중 등이 중요한 변수가 되므로 부품개발에 있어 Au도금 두께 선정을 위해서는 부품별 마모특성 평가 및 접촉저항 변화 측정 분석이 요구된다.

### 3. 4. 환경적 특성

염분위기하에서 24시간, 48시간, 168시간(1주일) 동안 각각 염수분무시험을 행한 결과 모든 Au도금두께에서 거의 부식이 일어나지 않았다. 따라서 Ni하지도금을 3µm 행한 후 0.1µm 이상으로 Au를 도금하는 경우 염수분위기에서는 안정한 것으로 판명되었다.

또한 Au도금층의 기공도 및 SO<sub>2</sub>분위기에서의 안정성을 평가하기 위하여 2시간 및 24시간 동안 SO<sub>2</sub>분위기 시험을 행한 결과 0.1µm 두께에서는 상당한 기공들이 표면에 형성되었으나 Au도금두께가 1.0µm 이상으로 증가할 수록 현저히 감소하는 경향을 보여주었다. 이러한 반응기공은 Au도금층 및 Ni하지도금층의 기공을 통해 SO<sub>2</sub>와 소지 Cu와의 반응에 의해 형성된 것으로 3µm로 Ni불하지도금한 후 1µm 이상으로 Au를 도금하는 경우 SO<sub>2</sub>분위기에서도 매우 안정한 것으로 판단된다.

## 4. 결 론

통신기자재용 연질금도금 두께에 따른 기계적, 전기적, 환경적 특성평가 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 금도금 두께 조절은 비교적 두께 편차가 적게 나타났으나 도금두께가 증가할수록 두께오차가 증가하는 경향을 나타내었으며, 하지 Ni도금은 고속도금에 의해 두께 오차가 다소 큰 경향을 보여준다.

2) 연질 금도금의 표면미세조직은 "round mounds" 형태로 형성되며 1µm두께 이상에서는 구멍입자 형성이 감소하는 동시에 매우 치밀한 조직으로 형성되었다.

3) 연질 금도금의 경도는 5g하중에서 약 53KHn, 2g하중에서 약 26KHn이었다.

4) 내마모시험 결과 연질금도금의 초기 마찰계



수는 100g 및 200g 하중에서 약 0.15 및 0.25 이었으며, 시간이 경과할 수록 최대 마찰계수는 약 0.8로 서서히 증가하는 경향을 나타내었다.

5) 금도금한 황동구와 인칭동판재 사이의 마모 시험 결과 황동구의 연속마찰에 의한 마모손상이 현저히 일어났으며, 상호 마모는 응착마모거동을 나타내었다.

6) 상온 접촉저항은 100g 하중 이상에서 금도금 두께에 상관없이 2~3m $\Omega$ 로 상당히 낮은 저항을 가진다.

7) 마모시 접촉저항은 마모 진행에 따른 도금층사이의 마모에 의한 손상으로 점차적으로 증가하며, 접촉저항이 매우 불안정해지는 반복 마모횟수는 100g 하중에서 1.0 $\mu$ m 이상의 경우 약 27,000회 이상으로 0.1 $\mu$ m에 비해 약 6배 향상되며, 200g 하중에서는 100g에 비해 수명이 약 1/3 정도 감소된다.

8) 염수분위기에서는 모든 금도금 두께에서 안정하였으며, SO<sub>2</sub>분위기에서는 1 $\mu$ m 이상의 금도금만이 안정한 거동을 나타내었다.

## 후 기

본 연구는 '92 통신학술 연구지원에 의해 수행된 것으로 이의 지원에 감사드립니다.

## 참 고 문 헌

- Gizella Kovacs : IEEE Transaction on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, CHMT-5, (1982) 95
- Edward Guancial, Ronald W. Kohl, Jerry J. Dunbar, James L. Milton, and Sujun Dasgupta : IEEE Transaction on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, CHMT-6, (1983) 100
- Morton Antler : IEEE Transaction on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, CHMT-10, (1987) 24
- Richard W. Rohde and Larry E. Pope : IEEE Transaction on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, CHMT-6, (1983) 15
- Morton Antler and Jerry J. Dunbar : IEEE Transaction on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, CHMT-1, (1978) 17
- Morton Antler and C. A. Haque : IEEE Transaction on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, CHMT-4, (1981) 432
- David L. Rehrig : The Western Electric Engineer, 22 (1978) 48
- James H. Whitley, I-Yuan Wei, and Simeon J. Krumbein : IEEE Transaction on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, CHMT-6, (1983) 395
- Morton Antler : IEEE Transaction on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, PHP-11, (1975) 216
- Dakehiko Sato, Yuji Matsui, Masanori Okada, Kyohei Murakawa, and Zenzo Henmi : IEEE Transaction on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, CHMT-4, (1981) 10
- Colin J. Evans : IEEE Transaction on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, CHMT-3, (1978) 226
- Gizella Kovacs and Klara Toth : IEEE Transaction on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, CHMT-14, (1991) 143
- Albrecht Bischoff, Rudolf Schnabl and Fritz Aldinger : IEEE Transaction on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, CHMT-5, (1982) 74
- Fred I. Nobel : IEEE Transaction on Components, Hybrids, and Manufacturing Technology, CHMT-8, (1985) 163
- H. S. Graime and R. Weil : Plating, 59 (1972) 1083
- Joseph I. Goldstein, "Scanning Electron Microscopy and X-ray Microanalysis", Plenum Press, New York (1981) 109
- "Standard Test Method for Electroplated Coatings", ASTM B571-87
- F. P. Bowden and D. Tabor, "The Friction and Lubrication of Solids", Vol. I, II Oxford University Press, Oxford (1964)
- K. H. Zum Gahr : Microstructure and Wear of Materials, Elsevier, New York, (1988) 56